2014 年度(第 11 回 1 年次)教育セミナー開催のご案内

一般社団法人　日本体外循環技術医学会
理　事　長　吉田　　靖
教育委員長　百瀬　直樹
開催委員長　有田誠一郎

2014 年度（第 11 回 1 年次）教育セミナーを、下記の内容で開催いたします。

本セミナーは体外循環関連の技術と知識の向上を目的とするもので、体外循環技術認定士認定試験受験資格並びに更新条件の一つにもなっております。また、2015 年より心臓血管外科修練施設の施設条件として、体外循環技術認定士が必要となります。

今回も医療の各領域で活躍されている先生方を講師にお迎えし、基本から最新の情報までをご講演いただく予定です。2014 年度は、春秋の 2 回とも福岡で開催いたします。是非、多数の皆様のご参加をお願いいたします。

Ⅰ．開催日

①1 回目：2014 年 6 月 7 日（土）・8 日（日）
②2 回目：2014 年 10 月 2 日（木）・3 日（金）第 67 回日本胸部外科学会期併設

Ⅱ．開催場所

①1 回目：アクロス福岡（シンフォニーホール）　受講生　700 名程度
〒 810-0001　福岡県福岡市中央区天神 1 丁目 1-1
TEL：092-725-9111（代表）
②2 回目：エルガーラホール　受講生 150 名（事前予約のみ）
〒 810-0001　福岡県福岡市中央区天神 1 丁目 4-2
TEL：092-711-5017（代表）

Ⅲ．受講料

1. 前納　正会員　8,000 円
事前受付は、2014 年 4 月 1 日より開始いたします。締切は 5 月 17 日です。
2. 開催当日受付　正会員　10,000 円　　非会員　15,000 円　　学生　2,000 円
当日、会場受付でお支払いください。なお、2 回目の当日受付および学生受付はありません。

Ⅳ．開催事務局

〒 814-8525　福岡市早良区西新 1 丁目 1 番 35 号
社会医療法人大成会　福岡記念病院
臨床工学技士長　有田誠一郎
TEL：092-821-4731（PHS　726）　　FAX：092-821-6449
E-mail：s-arita@kinen.jp

主　催：一般社団法人日本体外循環技術医学会
後　援：体外循環技術認定士 4 学会試験委員会　日本胸部外科学会
日本臨床工学技士会

Ⅴ．講演の要旨

基礎医学「体外循環における基礎知識：各臓器における病態生理」

福岡大学医学部心臓血管外科　**峰松紀年**

【はじめに】

体外循環の開発の歴史は心臓外科分野の発展に大きく貢献してきた。心臓外科手術の際に心臓と肺の役割を果たす人工心肺および心臓や肺の機能が著しく低下した症例に用いられる補助循環は、今日の心臓治療において必要不可欠な技術である。

体外循環は作られた非生理的な病的状態であり、機器に関する知識や技術だけでは生命を維持することは不可能である。そのため解剖学や生理学などの基礎医学、疾患に対する病態生理や薬剤などの臨床医学に関する知識が重要となる。

各臓器における病態生理を正しく理解することは、生体に優しい侵襲の少ない人工心肺装置の開発や心臓外科手術手技の発展に必要なことであり、今回のセミナーでは各臓器の病態生理を解明しながら、手術成績をも左右する体外循環法も交えて概説する。

【セミナー内容】

1. 心臓の生理と心筋保護
2. 脳循環と脳保護
3. 肺循環
4. 腹部臓器の病態生理と保護

基礎工学「医療で用いる電池の基礎と安全性、および最近の話題」

九州大学大学院システム情報科学研究院　**栗焼久夫**

スマートフォンやタブレットをはじめとして、多くの人々の携帯必需品である小型電子機器には長時間稼働するための高性能な電池が必要となる。また、太陽電池や燃料電池による発電を電力網への円滑な供給のために用いる系統連携用電池や電力貯蔵用電池、更にはハイブリッドカーや電気自動車など、現代社会の多岐にわたる分野で利用されてきている。同様に、透析装置などの医療機器に内蔵される電池や、手術中での予期しない停電に備えた非常用電源、あるいは体内埋込み型医療機器用電池など、医療の分野においても電池はなくてはならないものとなっている。これまでの半導体技術の急速な進歩により高性能な電気・電子機器が生み出されてきた一方で、古くから知られている電気化学的現象を利用した電池技術は高速・微細化を進めてきた半導体技術に比してかなり遅れをとってきた。このため近年では、高エネルギー密度、長寿命の電池開発が精力的に進められてきている。このような状況で開発された飛躍的な高エネルギー密度を有するリチウムイオン電池の出現により様相が一変した。多くの分野でこれまで利用されてきた種々の電池がリチウムイオン電池にとって替わられてきている。

本教育セミナーでは、電気化学の基礎および電池の原理から電池一般について概説して、医療で用いる種々の電池を解説する。更には、電池の安全性について述べ、最近注目されているワイヤレス給電や、エネルギーハーベスティングについても触れる予定である。

本セミナーの構成を以下に示す。

1. 電池の基礎および構成
2. いろいろな電池と用途
3. リチウムイオン電池
4. 医療における電池（医療機器内蔵電池、非常用電源、体内埋込み型医療機器用電池）
5. 電池の安全性と危険性
6. 最近の話題（ワイヤレス給電、エネルギーハーベスティング）

体外循環の基礎「体外循環装置とモニター」

ソーリン・グループ株式会社マーケティング本部　**三牧　アルバート**

開心術に伴う体外循環（人工心肺）を行う際には患者の呼吸、および循環を代行するために人工心肺装置（体外循環装置）が必要となる。人工心肺装置を用いる体外循環が行われるようになって約半世紀が過ぎ、多くの改良や改善が行われてきたが、その基本となる部分は大きくは変わっていない。

また、患者の呼吸、および循環を代行するという重大な行為を行う体外循環をより安全に施行するため、人工心肺装置にはモニター（安全装置）が必要不可欠となっている。モニターには貯血槽内の血液量を監視するレベルセンサー、チューブ内の気泡を検知する気泡検出器、圧力を計測する圧力モニター、血液のガス分圧などを計測するモニターなど複数の種類がある。その他、停電時のバックアップ用無停電装置や手回しハンドルなどの機器も必要となる。

これらの原理を知ることにより､万一トラブルが発生した際に迅速に対応することも可能となる。セミナーでは、人工心肺装置の原理、そして体外循環を安全に行うために操作者を補助してくれる各種モニターについて述べる。

循環器疾患の診断と治療「術中経食道心エコーの実際」

小倉記念病院検査技師部工学課手術室　**石橋正博**

術中経食道心エコーは、病変部の最終確認と手術結果の評価に有用ですが、それだけではなく、カニュレーション部位・送血方向・心筋保護液注入時の確認などは、直接的に体外循環の施行に関係します。また、心機能モニタリングとしても有用です。

- 体外循環前に術前診断の病変部位の最終確認・術前に指摘されていない病態（PFO、ASD、PLSVC、左房内血栓など）の有無の確認・心機能評価・心腔の大きさや各弁の形態逆流評価・カニュレーション部位の確認
- 体外循環中には送血血流方向や心筋保護液注入時の確認
- 体外循環離脱時には、手術結果・遺残空気の確認・心機能評価

などが術中経食道エコーの役割として挙げられます。

体外循環前に大動脈壁の atheroma を評価し送血部位や遮断部位を決定することは脳梗塞の軽減につながり、冠動脈開口部の石灰化や short LMT などの評価はカニューレや注入法の選択、注入時の漏れや注入困難の予測に役立ちます。僧帽弁逆流などでは病変部の逆流機序と病変部以外の逆流部位の検索、形態評価は術式に関わります。また、病変部位の最終確認と術前に指摘されていない病態の有無を確認し、これらの様々なエコー所見から最終的な術式の決定もしくは予想をすることができ、スタッフ全員が情報を共有し、手術の流れをイメージすることができます。

また、心機能に関しては LV の大きさ、動き、局所壁運動異常の有無を評価し、体外循環前の基準となる画像を残しておけば、体外循環離脱時の動きや容量の比較に役立ちます。

今回は体外循環の施行に関連した、術中経食道心エコーについて解説します。

体外循環の病態生理「体外循環による炎症とその予防策」

九州大学病院心臓血管外科　**中島淳博**

体外循環中の全身状態､循環動態は旧来よりコントロールされたショック状態（Controlled Shock）とも表現され、病態として補体の活性化やキニン-カリクレイン系の活性化などが議論されていた。

現在これらの生体反応は身体に加わった侵襲に対する防御反応であり、全身性炎症反応として理解されている。体外循環時の全身循環の変動、血液成分と異物の接触、出血や心肺の虚血再灌流などが trigger となり、神経系、内分泌系、免疫系のそれぞれのシステムが稼働、免疫細胞から炎症性サイトカインをはじめとする mediator が過剰産生、これが好中球、単球もしくは血小板の活性化を介して血管内皮障害、微小循環障害から組織障害を惹起させるものである。

このような反応は 1992 年に ACCP（American College of Chest Physicians）と SCCM（Society of Critical Care Medicine）の合同カンファレンスにおいて従来の敗血症の概念を整理する中で SIRS（Systemic Inflammatory Response Syndrome：全身炎症性反応症候群）という概念として捉えられるようになった。

SIRS の原因として感染のみならず、外傷、手術、出血性ショックや熱傷、膵炎などが挙げられているが、体外循環による反応はまさにこの概念で捉えられる全身性炎症反応そのものであると考えられる。1996 年には SIRS が炎症性サイトカインによって惹起される一方、生体の恒常性維持のために産生された抗炎症サイトカイン優位となった状態の CARS（Counter Anti-inflammatory Response Syndrome：代償性抗炎症反応症候群）という概念も出現、これが感染防御機能低下、免疫不全状態（Immunoparalysis）を惹起して感染症が難治化する原因となる、という事象が存在することも忘れてはならないであろう。

古くからショック、外傷などに続発する ARDS（Acute Respiratory Distress Syndrome：急性呼吸窮迫症候群）という病態の存在は知られていたが、これも SIRS が深く関与していることが証明されており、心不全を否定した場合には ALI（Acute Lung Injury：急性肺障害）とも呼ばれる。以前より Post-Perfusion Lung Syndrome として知られた体外循環後に発生する肺障害の成因もこの炎症反応にあると考えて相違ない。

更に、2011 年には AKI-CPB（Cardiopulmonary Bypass associated Acute Kidney Injury：人工心肺関連急性腎障害）として、体外循環中の炎症性メディエーターの作用に加えて腎灌流低下を原因とした急性期腎障害という概念も出現している。

SIRS の病態にはサイトカイン、白血球、血小板、血管内皮、凝固線溶系、免疫系や感染などが複雑に関与しており、病態の把握は容易ならざるところがある。と同時に、上記のように SIRS に関連した概念、呼称、臓器別概念など混乱しがちであるが、この部分を紐解きながら病態とその対処法について解説を行いたい。

体外循環の実際「低体温と大血管症例の体外循環」

東京女子医科大学病院臨床工学部　**南　茂**

大動脈手術で病変の修復を行うには血流遮断を必要とする。血流遮断によりその末梢では虚血が発生するが、虚血に曝される臓器・組織によって虚血に耐えることができる時間が異なる。腹部大動脈の手術では多くの場合「単純遮断」で手術が行える。しかし、胸部大動脈や胸腹部大動脈の手術では重要臓器が虚血に耐えうる時間的制約や遮断による心臓の後負荷のために何らかの補助手段を使わなければならない場合がある。

大血管手術症例の体外循環は、その手術部位に応じた適切な体外循環法を選択しなければならない。体外循環の目的は臓器の保護であるが、大血管手術の場合には特に脳神経系の保護が重要な目的となる。その基本は低体温法である。脳保護法には超低体温循環停止法（Deep Hypothermic Circulatory Arrest：DHCA）、選択的脳灌流法（Selective Antegrade Cerebral Perfusion：SACP）、逆行性脳灌流法（Retrograde Cerebral Perfusion：RCP）などがある。脊髄保護法には低体温法、局所灌流法、減圧法などが用いられる。脳神経系の保護にはいずれかの補助手段を選択しなければならないが、選択した体外循環法によっては灌流時間に制限が生じる場合がある。その他、大血管手術では病変が胸部から腹部大動脈に及ぶ胸腹部大動脈手術がある。この領域には腹部臓器に栄養を送るための重要血管が起始しており、腹部分枝への灌流もしくは臓器保護液注入等を行う必要がある。このように大血管手術に使用される臓器保護法・灌流法は多岐にわたっている。大血管手術における体外循環法（重要臓器灌流法）の理解と選択は重要である。

大血管手術における体外循環法は、究極の重要臓器灌流を伴った体外循環法と言えるのではないだろうか。大血管手術における体外循環法、重要臓器灌流法、体外循環回路、使用カニューレ等も含め概説する。

体外循環の安全管理「安全装置と安全策」

群馬県立心臓血管センター臨床工学課　**安野　誠**

人工心肺のアクシデントは循環と換気（ガス交換）の停止を招くため、ひとたび発生すると重度の脳障害など身体に重大な影響を及ぼす危険性が高い。その人工心肺は、さまざまな非生理的な侵襲が生体に加えられるため偶発的および非偶発的な合併症が発生している。偶発的合併症の原因は、ハード（装置、設備、施設）の不備、ソフト（システム、組織、マニュアル、チェックリストなど）の不完全さなどに加え、ヒューマンエラー（教育、安全意識、価値観など）があり、その整備が必要とされる。整備することで、人工心肺を操作する担当者は刻々と進行する手術への対応、変化する患者の循環動態および人工心肺装置の動作状況の把握について的確な対処が可能となり、安全な体外循環の実施に繋がるはずである。

人工心肺が開発されて 60 年あまり、基本構成こそ大きな変化はないが、遠心ポンプ、計測器や安全装置の自動

制御機構、UPS などの進歩・普及によって危険を回避できる環境が整ってきた。アラーム機能が備わった血液流量計、圧力計、連続ガス分析装置、酸素飽和度測定装置などの利用は確認漏れ防止に役立ち、異常事態を瞬時に検知するレベルセンサやバブルセンサと人工心肺装置が自動制御（回転制御やオートクランプ機構）されることで異常時も患者への影響を最小限に留めることが可能になった。これらの機能を適正に使用することは、重要な安全対策の仕組みであり現在多くの施設で利用されるようになった。

その人工心肺システムを適正に使用するためには、人工心肺操作者は計測器と安全装置の特性をよく理解し、運用することが肝要である。日本国内で使用される人工心肺システムは施設ごとに異なり、使用環境は大きく異なるため単に他施設の運用を真似るだけでは適切とは言えない。そして、理解を深めるために取扱説明書の再確認（学び）と臨床で使用する機材を利用したシミュレーション（検証）を実施するべきである。その上で適切なセンサの感度、装置の反応速度を確認し、安全のためのマージンが確保できるようにセンサの取り付け位置などを決定するなどの具体的な安全対策が必要である。また人工心肺操作者は一律な技術を持ち合わせていないために、個々の安全性マージンを確保することが必要である。人工心肺に使用される安全装置を理解し、個人レベルに合わせて利用することが大切である。

補助循環「PCPS と ECMO―基礎と実際そして安全対策―」

自治医科大学さいたま医療センター臨床工学部　**百瀬直樹**

1983 年に Phillips らは遠心ポンプと膜型人工肺を用いた閉鎖回路（体外式膜型肺：ECMO）に、経皮的に挿入できるカニューレを組み合わせて救命に成功した。これより経皮的心肺補助装置（PCPS）の臨床応用が始まった。特に我が国では、国民皆保険制度と相まって救命手段として広く使用されるようになった。ただ、人工心肺と同じく体外循環によって生命維持を行う装置であることに変わりなく、普及につれて PCPS に関連した事故も散見するようになってきている。今回、PCPS（ECMO を含む）の基礎･実際の運用、そして安全対策に主眼を置いて解説する。

基　礎：PCPS は経皮的カニューレ・遠心ポンプ・膜型人工肺・閉鎖回路から成り、構成部材には抗血栓性処理が施されている。経皮的カニューレは必然的に細く、大きな流体抵抗となり補助流量を制限させてしまう。遠心ポンプは圧力発生型のポンプであり、その特性や特徴を理解している必要がある。更に、回転子の軸部の構造などでポンプ部の耐久性が決まるので、それらの特徴も理解して選択する。PCPS に用いる膜型人工肺は近年長期型が使用されるようになっているが、ガス交換膜の構造だけでなく生体側の問題も絡んで耐久性にも限界がある。抗血栓性処理法によっても違いがある。

特殊性：PCPS には、「緊急導入される」「装着したまま移動する」「究極的な生命維持装置である」「長期間使用される」「特殊なポンプシステムを用いる」「脱血が陰圧になっている」「動脈に送血している」などの特殊性があり、これらがリスクを高めている。

臨床での注意点：カニューレの誤挿入は致命的となるので、緊急導入であってもカニューレの挿入は透視下が望ましい。PCPS の回路のセットアップと充填は手早く行うが気泡除去は確実に行い、カニューレと接続したら直ちに体外循環を開始する。この時、脱血の色と送血の色の違いを確認するとともに、循環動態の改善があるかも確認する。安定したら流量とガス交換のアラームなどをセットする。移動時は装置の転倒、回路の折れ曲がり、酸素供給の停止などに注意する。適切な流量補助、血液ガス値の調整を行う。また時間ごとの点検などで異常を察知できるようにする。離脱を試みる前に、離脱後にショックに陥らないよう、必ず離脱前に off-test を実施してから離脱させる。

安全対策：システムは緊急導入・移動を考慮してなるべくシンプルにしておく。移動中の台車の転倒を防ぐため低重心とするなど工夫する。緊急導入と長期管理に分けて安全装置等を設置すると良い。チェックリストや記録簿を活用するが、導入直後・移動後・集中治療部での管理・離脱後と分けて運用する。

トラブルシューティング：PCPS では、「移動中の酸素切れ」「突然の流量低下」「電源の喪失」「思わぬ溶血」「下肢の阻血」「人工肺の凝血」「短期間でのガス交換の低下」「血液浄化回路との干渉」など様々な問題が起こり得る。体外循環の担当者はこれらに的確に対処できなければならない。

この講演ではこのような点についても、受講される皆さんとともに考えてみたい。

患者管理「麻酔薬と循環作動薬、その他」

九州大学大学院医学研究院麻酔・蘇生学　**外　須美夫**

麻酔の要素には意識消失と鎮痛、筋弛緩と自律神経反射の抑制がある。現在の麻酔は、これらの要素をそれぞれ個別に捉えるバランス麻酔が主流である。意識消失は静脈麻酔薬か吸入麻酔薬によって、鎮痛は麻薬性鎮痛薬によって、筋弛緩は筋弛緩薬によって調節し、バランスをとって麻酔する。自律神経反射の抑制は意識消失と鎮痛をもたらす麻酔薬の作用にほとんど含まれている。

現在の代表的な吸入麻酔薬は、セボフルラン、イソフルラン、デスフルラン、亜酸化窒素である。吸入麻酔薬は導入速度や覚醒速度、代謝率や副作用を考慮して使い分ける。心臓手術では調節性の優れたセボフルランやデスフルランが主に使用される。静脈麻酔薬は、心筋抑制の少ないミダゾラムや調節性の良いプロポフォールが用いられる。また、麻酔中は不十分な鎮静や過剰な鎮静を避けるために、BIS（bispectral index）が麻酔深度モニターとして用いられる。

麻薬性鎮痛薬はフェンタニルが主流である。レミフェンタニルという超短時間作用性麻薬も効力や調節性が優れているので最近よく使われているが､心臓手術では短時間作用性という特徴がかえってマイナスになることがある。筋弛緩薬としてはベクロニウムとロクロニウムが使われる。最近登場したスガマデクスはロクロニウムの筋弛緩作用をほぼ完全に拮抗するので、筋弛緩作用の残存による術後の呼吸悪化を回避してくれる。

麻酔薬ではないが、デクスメデトミジンはα2受容体選択性の鎮静薬として使われている。特に、呼吸抑制作用がないので、人工呼吸中の患者の鎮静や抜管後の鎮静に用いられる。

循環作動薬は、循環の維持、特に麻酔導入時の血圧低下や体外循環からの離脱時にしばしば使用される。ドパミンやドブタミン、ノルアドレナリンが頻用される。Frank-Starlingの心機能曲線に照らし合わせて、心機能を評価し､Forrester分類による治療戦略にほぼ準じた循環管理を行う｡心拍出量を維持するためには心拍数の適切な調節、血管内容量の維持、末梢血管抵抗の正常化、心機能の維持が大切であり、そのためにα受容体、β受容体、Ach受容体、カルシウム受容体の刺激や遮断を上手に使い分ける。心仕事量や心筋への酸素供給量といった心筋の酸素需給バランスを考えて、ニトロ化合物やPDE阻害薬なども使い分けることが大事である。